



国防特色教材·职业教育

中级船舶电工操作技能

ZHONGJI CHUANBODIANGONG CAOZUOJINENG

张爱国 编著

 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社
哈尔滨工业大学出版社

北京理工大学出版社
西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

中级船舶电工操作技能

张爱国 编著

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书分为理论知识和技能操作两部分,共十五章,并且附有船舶电工技术等级标准。本书在内容安排上,从基础知识入手,力求做到理论和实际操作相结合,将理论知识和技能训练融汇在一起,按各系统的难易程度,由简到繁、由浅入深地进行编写,语言通俗易懂,便于读者接受相关专业知识。

本书可作为中级船舶电工培训教材。同时,也可作为初、高级船舶电工的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

中级船舶电工操作技能/张爱国编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.7

ISBN 978-7-81133-481-4

I. 中… II. 张… III. 船用电气设备-电工技术-技术培训-教材 IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 115363 号

中级船舶电工操作技能

张爱国 编著

责任编辑 薛力

*

哈尔滨工程大学出版社

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号(150001) 发行部电话:0451-82519328 传真:0451-82519699

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

黑龙江省教育厅印刷厂印刷 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:13.5 字数:246 千字
2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷 印数:1 000 册

ISBN 978-7-81133-481-4 定价:27.00 元

本书编委会

主任委员	李天宝			
副主任委员	高文峰			
主 编	张爱国			
副 主 编	牛国华	赵海龙	史鸿屿	曹 东
主 审	李 晶	罗 寰		
编 写 组	刘克军	齐宝权	王少刚	孙克近
	周 博	张绪葳	郭延波	李福杰
	原 刚	李志东	李 明	孙 睿
	谭 亮	贺业隆	赵国富	牛亚超
	武长杰			

前 言

进入 21 世纪以来,我国国民经济持续快速发展,综合国力大幅度提高,同时各行各业在国际中的竞争更加激烈,我国造船工业也同样面临着机遇和挑战。面对大量的新技术、新工艺、新设备,急需掌握这些知识。目前造船行业中的技术工人,尤其是高技能人才队伍远远不能满足制造先进船舶的要求。如果没有一支强大技术工人队伍,就很难在世界日趋激烈竞争的造船市场中站稳脚跟、跨步前进。基于这一点,我们根据国防科技工业局的委托,以如何对技术工人进行全面的理论和实践操作技能培训为出发点,组织修订编写了“十一五”国防特色职业教育教材——《中级船舶电工操作技能》。

本书分为理论知识和技能操作两部分,共十五章,并且附有船舶电工技术等级标准。本书在内容安排上,从基础知识入手,力求做到理论和实际操作相结合,将理论知识和技能训练融汇在一起,按各系统的难易程度,由简到繁,由浅入深,理论联系实际,语言通俗易懂,便于读者接受相关专业知识。同时,本书可作为初、高级船舶电工培训的参考用书。

我们抱着尝试、探索的目的来编写这本书,期望能为技术工人操作技能训练起到一点帮助作用。限于我们的水平,本书定有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编著者

2008. 10

目 录

第一编 理论知识部分

第1章 直流电路、交流电路	3
1.1 直流电路	3
1.2 交流电路	10
思考题	23
第2章 电工仪表与测量	24
2.1 电工仪表与测量的基本知识	24
2.2 电流与电压的测量	27
思考题	32
第3章 常用电器及控制电路	33
3.1 电器的基本知识	33
3.2 手动控制电器与熔断器	36
3.3 自动控制电器	43
思考题	53
第4章 船用自动检测传感器	54
4.1 压力检测传感器	54
4.2 转速检测传感器	56
4.3 流量检测传感器	57
4.4 液位检测传感器	59
4.5 温度传感器	60
思考题	61
第5章 变压器与电机	62
5.1 变压器	62

5.2 电机	69
思考题	78
第6章 PLC 可编程控制器	79
6.1 PLC 可编程控制器简介	79
6.2 PLC 可编程控制器硬件和软件及工作原理	79
6.3 PLC 可编程控制器的调试和故障排除	82
思考题	84
第二编 技能操作部分	
第7章 船舶电气施工工艺	87
7.1 一道工序施工工艺要求	87
7.2 电缆册编制工艺要求	88
7.3 电缆切割工艺要求	89
7.4 电缆敷设工艺要求	89
7.5 电缆密封工艺要求	94
思考题	98
第8章 船舶电站的试验与调试	99
8.1 船舶电站的总体要求和基本构成	100
8.2 船舶电站同步发电机保护及并联工作	102
8.3 船舶电站的试验内容及调试试验前的准备	107
8.4 船舶自动电站系统主要部分工作原理	109
8.5 船舶电站的调试步骤及调试方法	113
思考题	123
第9章 空调、冷藏系统的调试	124
9.1 空调系统的用途	124
9.2 空调系统应用线路举例	125
9.3 空调系统调试方法	129
9.4 冷藏系统的用途	131
9.5 冷藏系统调试方法	132
思考题	135

第 10 章 主机遥控系统	136
10.1 主机遥控系统种类及其功能概述	136
10.2 系泊及航海试验	142
思考题	143
第 11 章 船舶报警系统	144
11.1 SAU 的概要	144
11.2 SAU 的操作	148
11.3 机舱监测报警点的调试程序	150
11.4 报警调试过程中的故障排除	152
11.5 火警报警系统概述	153
11.6 火警探测回路	155
11.7 火警报警系统调试及故障排查	158
思考题	160
第 12 章 舵机系统的操作与调试	161
12.1 用途及基本工作原理	161
12.2 通电调试	165
思考题	178
第 13 章 船舶辅助组合锅炉	179
13.1 船舶辅助锅炉系统简介	179
13.2 辅助锅炉检测与控制基本理论知识	179
13.3 船舶辅助锅炉系统的组成	183
13.4 锅炉系统的调试	192
13.5 锅炉常见故障分析与排除	194
13.6 焚烧炉系统组成及主要功能	196
思考题	198
第 14 章 空压机调试	199
14.1 用途	199
14.2 调试方法	199
思考题	203

附件 船舶电工技术等级标准	204
中级船舶电工技术等级标准	204
高级船舶电工技术等级标准	205

第一编

理论知识部分

第1章 直流电路、交流电路

知识目标:

1. 掌握交、直流电路的分析方法;
2. 交、直流电动机及低压电器和晶体管的基础知识。

随着科学技术的高速发展,电工技术在现代农业、现代工业、现代国防和现代科学技术方面的应用越来越广泛,特别是电子技术在自动控制、精密测量和电子计算机等部门的应用。因此,从事工程技术的人员必须具有一定的电工知识和必要的电工理论,以便能正确地选择和使用生产上常见的电气设备。

1.1 直流电路

1.1.1 电场

1. 电场强度

我们知道,自然界中一般物质都是由自由电子、质子和中子等基本粒子所组成。质子带正电,中子不带电,质子和中子构成原子核。电子带负电,在原子核周围按一定的轨道不停地绕原子核运动,犹如行星绕太阳运动一样。

在通常情况下,物体内部的正电荷和负电荷数量相等,物体呈中性即不带电。如果用某种方法如摩擦,使物体获得电子,物体带负电,使物体失去电子,物体带正电。

实验证明,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。这种电荷之间的相互作用力既不是电荷本身相互接触,也不是通过中间物体间接地进行,而是通过一种特殊的物质来传递的。这种传递电荷相互作用的特殊物质叫电场。这种特殊的物质,具有物质的属性,而又不是由分子和原子所组成。因电荷的相互作用可以在没有分子和原子的真空中进行。

电场是由电荷产生的,它和电荷同时存在同时消失。只要物体带电,在它的周围空间中就会有电场产生,处在电场中的别的电荷就会受到电场力的作用;正像处在地球引力场中的物体一定要受到地球的引力作用一样。凡是引力作用的范围都是引力场;同样凡是电力作用的范围(空间)都是电场。

在地球引力场内不同点上受到地球的吸引力是不同的,在同一点上物体所受到的引力和它的质量成正比。同样道理在电场中某一点上带电体受到电场力的作用和它所带电量成正比。但所带电量不能太大,否则它产生的电场会影响原电场。在不影响原电场的前提条件下,该电荷在电场中某一点受到的电场力和它所带电量比是一常数。写成数学表达式有

$$F = EQ \quad (E = F/Q)$$

E 叫做某点的电场强度,在数值上等于单位电量所受到的电场力,它的方向与该点正电荷受力的方向相同。在式 $E = F/Q$ 中如果 F 的单位用牛顿, Q 的单位用库仑,那么电场强度的单位就是牛顿/库仑。

为了形象化,通常用电力线来描绘电场。在绘制电力线时,应使电力线上任意一点的切线方向与该点的电场强度的方向相同,并使穿过与电力线垂直的单位面积上的电力线数等于或正比于该点的电场强度值。这样就可根据电力线的密度和指向直接看出电场的强弱和方向。如果电场中各点的电场强度相等,即各点上 E 的强度相等,方向也相同,这样的电场叫做均匀电场。均匀电场可以用疏密均匀的电力线来表示。如图 1.1 所示:从图可知电力线的密度和方向在各处都是一样的。如果电力线的密度和方向在不同位置上是不一样的,这样的电场就是非均匀电场。

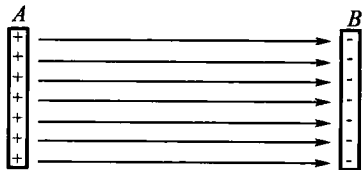


图 1.1 平行板间的电场

2. 电位

物体在地球的引力场中,所处的位置不同具有的重力位能就不同,与此相似,电荷在电场中不同的位置上具有不同的电位能。在地球引力场中物体在地面上的位能为零;在电场中通常也认为和大地相联处电荷的电位能为零。因此,电荷在某点处具有的电位能的大小,就可以用电荷从该点移到电位能为零处电场力所做的功来量度。

于是在均匀电场中,电荷在 A 点具有的位能为

$$W_A = Fl_{AO} = Eql_{AO}$$

电荷在 B 点具有的位能为 $W_B = Fl_{BO} = Eql_{BO}$ 如图 1.2 所示。

由此可见电荷在电场中,不同点上具有的电位能是不同的;在同一点上具有的电位能和所带电量成正比,其比值为一常数。写成数学表达式为

$$W_A = \varphi_A Q \quad (\varphi_A = W_A/Q)$$

φ_A 叫做 A 点的电位。在数值上等于单位电量在该点具有的电位差。在式中如果 W 的单位取焦耳, Q 的单位取库仑,那么电位 φ 的单位就是焦耳/库仑,称做伏特,简称伏,用 V 表示。

电位有高低正负之分。若某点电位比零电位高,该点电位为正,否则为负。值得指出的是:两点电位同时为正或同时为负时也有高低之分。如图 1.3 所示,如果规定 A 板的电位为零, a, b, c 各点电位均为负,但 a 点电位比 b 点电位高。零电位的点原则上是可以任意指定

的。在电子电路中,为了便于比较电位高低视接地点为零,一般情况下视大地的电位为零。在同一电位上的电荷是不会定向移动的。只有两点电位不同时,正电荷才有可能在电场力作用下由高电位向低电位移动;负电荷则由低电位向高电位移动。

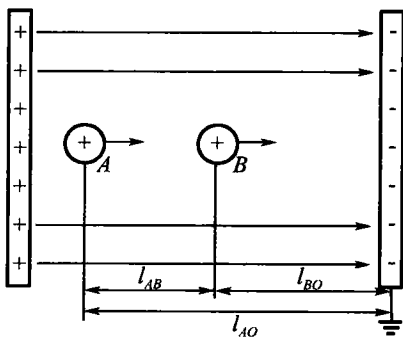


图 1.2 电荷在均匀电场中的电位能

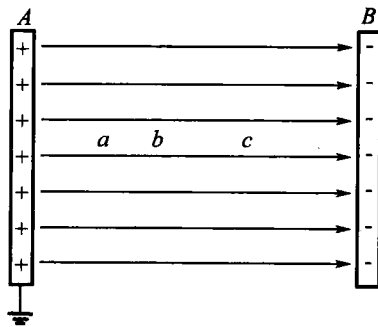


图 1.3 均匀电场中的电位

3. 电压

两点电位之差叫做电压,也叫电位差(电势差)。电压和电位具有相同的单位伏特(简称伏),除了伏以外还有较大的单位千伏用 kV 表示,较小的单位毫伏用 mV 表示。

$$1 \text{ 千伏} = 10^3 \text{ 伏}, \quad 1 \text{ 伏} = 10^3 \text{ 毫伏}$$

通常,电压用 U 来表示。 U_{AB} 表示 A, B 两点间的电位差。即

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

1.1.2 直流电路

1. 电流

电路是由电源、负载(用电器)和连接导线所组成。如图 1.4 所示,电源内部的电路叫做内电路,导线和负载组成的是外电路。

在电路中,如果两处的电位不等,如直流电源的正极和负极,正电荷就会在电场力的作用下从高电位向低电位移动;负电荷则是由低电位向高电位移动。这样电荷有规律的定向移动就形成了电流。衡量电流大小的量叫做电流强度,简称电流,用字母 I 表示。其定义是:通过导体横截面的电量与通过此电量所需时间之比。

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的单位是安培(库仑/秒)用 A 表示,较小的单位有毫安用 mA 表示,1 安培 = 10^3 毫安,较大的单位有千安,1 千安 = 10^3 安培。

电流的方向规定为正电荷流动的方向。如果电流的大小方向随时间变化,这种电流叫做交流电流;电流的大小随时间变化而方向不变的叫做脉动直流电;电流的大小和方向都不随时间变化的叫做恒定直流电流。

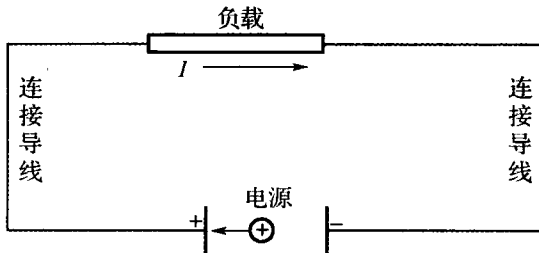


图 1.4 电路的组成

2. 电动势

如电路组成图 1.4 所示,在外电路闭合时,正电荷在电场力作用下,从电源的正极经负载向负极定向移动。这样经一段时间后两极的电位就会相等。为了保持两极原有的电位差,在电源内部就必须有外力(电源力)来克服电场力对电荷的作用,将正电荷从负极送往正极,即将正电荷从低电位移向高电位,是电荷的电位能增加,增加的数值等于外力移送电荷所做的功。外力移送电荷所做的功 W 和被送电量之比叫做电源的电动势。用 E 表示为

$$E = \frac{W}{Q}$$

电源电动势在数值上等于外力移送单位电量所做的功。对不同电源来说,外力移送单位电量所做的功是不同的,所以电动势是衡量电源做功能力的一个物理量。他的单位也是伏特。

电动势和电压的单位虽然相同,但二者的意义不同:前者是外力移送电荷做功,后者是电场力移送电荷做功;前者做功的结果将其他形式的能转变为电能,后者做功的结果使电能转变为其他形式的能;前者的方向规定为由低电位转向高电位,后者则规定由高电位指向低电位。

3. 电阻

用电器如灯泡的电阻大小是由它本身电阻丝的长短、粗细和材料来决定的。根据测定,它们之间的关系如下。

当材料一定时,导体的电阻 R 跟它的长度 L 成正比,跟它的横截面积 S 成反比,写成数学公式为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 L ——导体的长度, m

S ——导体的横截面积, mm^2

ρ ——电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

电阻率的倒数 $1/\rho = \gamma$, γ 称作电导率, S/m

常用材料的电阻率见下表 1.1。

表 1.1 常用材料的电阻率

材料名称	银	铜	铝	钨	铁	镍铬丝	铁铬铝	碳
电阻率/($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	0.016	0.017 5	0.028	0.055	0.1	1.1	1.2	20

导体电阻大小还与温度有关。金属导体的电阻随着温度的升高而增加;液体的电阻随着温度的升高而下降;康铜等几乎不受温度的影响。电阻和温度的关系式可用下式表示

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中, R_1, R_2 分别是温度为 t_1, t_2 时导体的电阻; α 为电阻的温度系数。

4. 欧姆定律

(1) 部分电路的欧姆定律

图 1.5 中 R 是部分电路的电阻。实践证明,对一段通电电路,流过其中的电流与这段电路两端的电压成正比,而与这段电路的电阻成反比,这个关系叫做欧姆定律。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I ——电流, A;

U ——电压, V;

R ——电阻, Ω 。

应用上式,当已知电压和电阻时,可求出电流。如将上式加以适当变化还可得: $U = IR$, 它表示电流流过电阻时所产生的电位降低称为电阻压降,应用该式已知电流和电阻时可求出电压;而当已知电压和电流时,又可以从 $R = U/I$ 求出电阻。

例:有一电灯,其电阻 R 为 848Ω ,接到 220 V 电源上,试求电灯中的电流。

解:根据部分电路的欧姆定律:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{848} \approx 0.26 \text{ (A)}$$

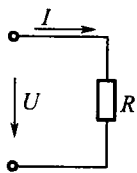


图 1.5

(2) 全电路的欧姆定律

对含有电源的全电路,如图 1.6 所示。

由欧姆定律得:

$$I = E / (r_0 + R)$$

式中 E ——电源的电动势;

r_0 ——电源的内电阻;

R ——外路电阻。

上式是全电路欧姆定律的表达式。因此全电路欧姆定律的定义是:在闭合电路中,电流的量值等于该电路中的电动势除以整个电路的总电阻。也就是说,在闭合电路中,电流的大小与电源的电动势成正比,而与整个电路的电阻成反比。

式 $I = E / (r_0 + R)$ 还可改写为

$$E = Ir_0 + IR = Ir_0 + U$$

式中 U —— R 两端电压;

Ir_0 ——电源内电阻的电压降。

式 $E = Ir_0 + IR = Ir_0 + U$ 是电路的电压平衡方式,从式中可知电源电动势等于 R 两端电压加内电阻电压降。由于通常内电阻很小,故 R 两端电压略小于电动势。当外电阻减小,电流增大,内电压增大,端电压即减小;电流减小时(外电阻增大),内电压降减小, R 两端电压便增大;外电路断路(外电阻无穷大),电流为零。

例:已知 $E = 12 \text{ V}$, $r_0 = 0.1 \Omega$, $R = 3.9 \Omega$ 。求:电路中的电流及 R 两端电压。

解

$$I = E / (r_0 + R) = 12 / (0.1 + 3.9) = 3 \text{ (A)}$$

$$Ir_0 = 0.1 \times 3 = 0.3 \text{ (V)}$$

$$U = E - Ir_0 = 12 - 0.3 = 11.7 \text{ (V)}$$

5. 电阻的联结

(1) 电阻的串联

图 1.7 是电阻串联电路,在串联电路中,各段电阻中通过同一电流,串联电路的等值电阻为各段电阻之和,各段电路上的电压降与各段电阻成正比,线路上总电压为各分电压之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(2) 电阻的并联

图 1.8 是电阻并联电路,电阻并联有三个或三个以上导线的点称作节点,如图中 A, B 两

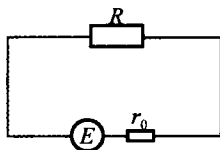


图 1.6